

CIRCUIT AND A METHOD FOR MEASURING A QUANTITY INFLUENCING THE CAPACITANCE-VOLTAGE CHARACTERISTIC OF A CAPACITIVE ELEMENT

Patent number: DE3915563
Publication date: 1990-10-25
Inventor:
Applicant:
Classification:
- **international:** G01D5/24; G01N27/22; G01D5/12; G01N27/22; (IPC1-7): G01N9/00; G01N27/22; G01R27/26; G01R31/26; H01L29/94
- **european:** G01D5/24; G01N27/22
Application number: DE19893915563 19890512
Priority number(s): DE19893915563 19890512

Report a data error here

Abstract not available for DE3915563

Abstract of correspondent: **US5235267**

PCT No. PCT/EP90/00612 Sec. 371 Date Sep. 25, 1991 Sec. 102(e) Date Sep. 25, 1991 PCT Filed Apr. 17, 1990 PCT Pub. No. WO90/13793 PCT Pub. Date Nov. 15, 1990.A circuit and a method for measuring a quantity influencing the capacitance-voltage characteristic of a capacitive element, the measuring accuracy and the signal-to-noise-ratio being improved by determining such quantity on the basis of the area under the curve of the capacitance-voltage characteristic.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND

DEUTSCHES
PATENTAMT(12) Patentschrift
(11) DE 39 15 563 C1

(51) Int. Cl. 5:

G 01 R 27/26

G 01 R 31/26

H 01 L 29/94

G 01 N 9/00

G 01 N 27/22

- (21) Aktenzeichen: P 39 15 563.3-35
 (22) Anmeldetag: 12. 5. 89
 (43) Offenlegungstag: —
 (45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 25. 10. 90

E1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung eV, 8000 München, DE

(74) Vertreter:

Schoppe, F., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 8023 Pullach

(72) Erfinder:

Schöneberg, Uwe, Dipl.-Ing.; Hosticka, Bedrich, Prof., 4100 Duisburg, DE; Maclay, Jordan, Maywood, Ill., US; Zimmer, Günther, Prof. Dr.rer.nat., 4100 Duisburg, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 34 13 849 A1
 G.J. Maclay: «MOS hydrogen sensors with ultrathin layers of palladium» in IEEE Transactions on Electron Devices, Bd. ED-32, S. 1158-1164, 1985;

(54) Verfahren zum Messen der Konzentration eines Gases in einem Gasgemisch und Schaltungsanordnung zum Durchführen des Verfahrens

Bei einer Schaltung und einem Verfahren zum Messen einer die Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik eines kapazitiven Elementes beeinflussenden Größe wird die Meßgenauigkeit und das Signal-Störspannungs-Verhältnis dadurch verbessert, daß die Größe aus der Fläche unter der Kurve der Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik ermittelt wird.

Sensor mit Kennlinie $C = C(U_{\text{vor}})$

Belastungen von Sensor ausdrücken mit einer Spannung, die von der Kapazität C des Sensors abhängt.

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen der Konzentration eines Gases in einem Gasgemisch mittels eines kapazitiven Halbleiter-Elementes mit einer von der Konzentration abhängigen Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine Schaltungsanordnung zum Durchführen eines derartigen Verfahrens nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 3.

Kapazitive MOS-Strukturen haben einen spannungsabhängigen Kapazitätswert. Der Verlauf der Kapazitäts-Spannungs-Kurve wird beispielsweise im Falle kapazitiver MOS-Strukturen dann von weiteren Größen beeinflußt, wenn die metallische Schicht aus katalytischen Metallen besteht oder katalytische Metalle zumindest 10 anteilig aufweist. Dieser Einfluß bestimmter Größen auf den spannungsabhängigen Kapazitätsverlauf derartiger kapazitiver Strukturen wird ausgenutzt, um Sensoren zu bilden, mit denen die betreffende Größe erfaßt werden kann, die den spannungsabhängigen Kapazitätsverlauf beeinflußt.

Bekannte Einsatzbereiche derartiger kapazitiver Elemente sind beispielsweise auf bestimmte Gase ansprechende Gassensoren wie z. B. Wasserstoffsensoren. Eine Ausführungsform des letztgenannten Wasserstoffsensors, dessen spannungsabhängige Kapazitätskurve in Abhängigkeit von der Umgebungsfeuchtigkeit variiert, ist offenbar in der wissenschaftlichen Veröffentlichung G. J. Maclay, "MOS hydrogen sensors with ultrathin layers of palladium", IEEE Trans. Electron Devices, Band ED-32, Seiten 1158 bis 1164, 1985.

Gegenwärtig werden zwei verschiedene Techniken zum Erfassen der Änderung der Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik und somit zum Bestimmen der die Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik beeinflussenden Größe eingesetzt:

- Bei einer ersten Technik wird an das kapazitive MOS-Element eine konstante Vorspannung angelegt, der ein hochfrequentes Spannungssignal von vorbestimmter Amplitude überlagert ist. Bei einer durch die zu messende Größe bewirkten Verschiebung der Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik ändert sich die Kapazität in dem durch die Vorspannung festgelegten Arbeitspunkt. Diese Kapazitätsänderung kann in einer Meßbrücke erfaßt werden.
- Bei einer zweiten Technik wird das kapazitive MOS-Element in einer rückgekoppelten Regelschaltung mit einer derartigen Vorspannung beaufschlagt, daß dieses einen konstanten Kapazitätswert hat. Die nachgeregelte Vorspannung bzw. die Verschiebung des Spannungsarbeitspunktes kann zum Bestimmen der die Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik beeinflussenden Größe herangezogen werden.

Bei beiden beschriebenen Techniken benötigt man eine vergleichsweise aufwendige Schaltung zum Erfassen der die Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik beeinflussenden Größe. Bei beiden Techniken können innerhalb der kapazitiven MOS-Struktur Ionenwanderungen im Inneren der Struktur und an deren Oberfläche auftreten, wodurch die Langzeitstabilität bei der Erfassung der die Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik beeinflussenden Größe beeinträchtigt wird. Beiden Techniken liegt die Erfassung einer vergleichsweise kleinen Signaländerung im Arbeitspunkt zugrunde. Daher ermangelt es beiden Techniken an einem hinreichenden Signal/Rausch-Verhältnis bei der ermittelten Größe, also der Feuchtigkeit oder der Gaskonzentration.

Weitere Verfälschungen der Meßergebnisse, die mit diesen bekannten Techniken erzielbar sind, ergeben sich daraus, daß die Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik des kapazitiven MOS-Elementes üblicherweise nicht nur von einer zu messenden Größe abhängig, sondern ebenfalls zu einem gewissen Ausmaß von weiteren Störgrößen beeinflußt wird.

Die DE 34 13 849 A1 zeigt eine Schaltungsanordnung zum Messen einer spannungsunabhängigen Kapazität. Zum Bestimmen des Kapazitätswertes wird das bezüglich seines Kapazitätswertes zu messende kapazitive Element mit einer Referenzspannung geladen, woraufhin die Ladungsmenge des Elementes einer integrierenden Speicherschaltung zugeführt wird. Dieser Vorgang wird mehrfach wiederholt, um das Ausgangssignal der Integrationsschaltung zu erhöhen und deren Meßgenauigkeit zu verbessern. Diese Schrift befaßt sich also nicht mit dem Messen einer Größe, die eine Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik eines kapazitiven Elementes beeinflußt.

Gegenüber diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Messen der Konzentration eines Gases in einem Gasgemisch mittels eines kapazitiven Halbleiter-Elementes mit einer von der Konzentration abhängigen Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik und eine Schaltungsanordnung zum Durchführen eines derartigen Verfahrens so weiterzubilden, daß die Genauigkeit bei der Bestimmung der Konzentration des Gases in dem Gasgemisch weiter verbessert wird.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale und bei einer Schaltungsanordnung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 3 durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 3 angegebenen Merkmale gelöst.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die mangelnde Genauigkeit der eingangs erörterten Verfahren zum Bestimmen der die Verschiebung der Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik des kapazitiven Elementes beeinflussenden Größe und insbesondere das unzureichende Signal-Störspannungs-Verhältnis bei der Bestimmung der beeinflussenden Größe nach den bekannten Technologien dann vermieden wird, wenn als Grundlage für die Erfassung der beeinflussenden Größe die Fläche unter der Kurve der Spannungs-Kapazitäts-Charakteristik in einem vorbestimmten Bereich herangezogen wird. Eine derartige Messung kann schaltungstechnisch dadurch einfach implementiert werden, daß das kapazitive Element mit einem periodischen Spannungssignal von vorbestimmter Amplitude beaufschlagt wird, wobei eine Integrationsschaltung den Ausgangstrom des kapazitiven Elementes über eine bestimmte Zeitdauer aufintegriert. Der sich ergebende Integrationswert hat eine vorbestimmbare Abhängigkeit von der beeinflussenden Größe, so daß es beispielsweise möglich ist, mit

dem Integrationswert eine Tabelle auszulesen, deren Ausgangswert die beeinflussende Größe ist. Die sich ergebende, erfindungsgemäße Meßschaltung zur Durchführung dieses Meßverfahrens besteht im wesentlichen aus einer Spannungsquelle und einer Integrationsschaltung mit einem über einen elektronischen Schalter entladbaren kapazitiven Element im Rückkopplungszweig, so daß die Schaltung eine sehr einfache Struktur hat. Bei der erfindungsgemäßen Art der Erfassung der beeinflussenden Größe erfolgt die dynamische Messung mit einer Wechselspannungskomponente, die sich um einen Arbeitspunkt herum bewegt. Hierdurch können Ionenwanderungen in dem kapazitiven Element sowie an der Oberfläche desselben unterdrückt werden, wodurch eine Langzeitstabilität des Meßergebnisses erzielt wird. In Abweichung von dem eingangs beschriebenen Verfahren erfolgt die Bestimmung der beeinflussenden Größe anhand des Integrales über die verschobene Kapazitäts-Spannungs-Kurve und nicht nur anhand der Erfassung der Änderung der Kurve an einem einzigen Spannungs- oder Kapazitäts-Punkt. Hieraus ergibt sich ein gegenüber dem Stand der Technik erheblich verbessertes Signal-Störspannungs-Verhältnis der ermittelten, die Verschiebung der Kapazitätsspannungs-Charakteristik verursachenden Größe.

Bevorzogene Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine graphische Darstellung der Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik eines kapazitiven Elementes bei zwei verschiedenen beeinflussenden Größen;

Fig. 2 ein Schaltbild der erfindungsgemäßen Schaltung zum Messen der die Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik beeinflussenden Größe;

Fig. 3 Signalverläufe von Spannungssignalen, wie sie in der Schaltung gemäß Fig. 2 auftreten;

Fig. 4 die Abhängigkeit der Integrationsspannung bei der Schaltung gemäß Fig. 2 von einer beeinflussenden Größe;

Fig. 5 typische Kapazitätsverläufe für kapazitive MOS-Strukturen in Abhängigkeit von der Vorspannung und Fig. 6(a–c) Spannungs- und Kapazitätsverläufe.

Wie in Fig. 1 zu sehen ist, verschiebt sich der spannungsabhängige Kapazitätsverlauf einer kapazitiven MOS-Struktur, deren Metallschicht ein katalytisches Metall enthält, in Abhängigkeit von einer beeinflussenden Größe, die beispielsweise die H₂-Konzentration oder die Konzentration eines bestimmten Gases in der Umgebungsatmosphäre sein kann. Diese Verschiebung der Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik wurde, wie eingangs erläutert, im Stand der Technik bei konstanter Vorspannung durch Messen der Kapazitätsänderung ΔC oder bei Konstanthalten des Kapazitätswertes durch Messen der Vorspannungsänderung ΔV verfaßt. Hingegen sieht die Erfindung vor, wie sich aus der nachfolgenden detaillierten Erläuterung der Schaltung und des Verfahrens ergeben wird, die beeinflussende Größe aus der Fläche unterhalb der Spannungs-Kapazitäts-Kurve innerhalb eines vorbestimmten Bereiches abzuleiten.

Fig. 2 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltung zum Messen einer die Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik eines kapazitiven Elementes C_s beeinflussenden Größe, wie z. B. einer Gaskonzentration, die eine Wasserstoffkonzentration sein kann. Das kapazitive Element C_s bei der bevorzugten Ausführungsform ist ein kapazitives MOS-Element, dessen Metallschicht aus Palladium besteht, das auch als MOS-Palladium-Gate-Sensor bezeichnet wird. Das kapazitive Element C_s wird von einer ersten Spannungsquelle VS mit einer Rechteckspannung versorgt, deren Amplitude bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel +/– 1,5 V bei einem Tastverhältnis von 50% entspricht. Ausgangsseitig ist das kapazitive Element C_s an den invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers OPV angeschlossen. Eine zweite Spannungsquelle VR erzeugt ein zweites Rechtecksignal, das dem ersten Rechtecksignal entspricht, jedoch gegenüber diesem invertiert ist. Mit diesem zweiten Rechteckspannungssignal wird ein Referenzkondensator C_r beaufschlagt, dessen Ausgang gleichfalls mit dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OPV verbunden ist. Die Kapazität des Referenzkondensators C_r ist derart gewählt, daß eine am Ausgang des Operationsverstärkers erscheinende Offsetspannung bei von der zu messenden Größe unbeeinflußten Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik des kapazitiven Elementes C_s kompensiert wird.

Im Rückkopplungszweig des Operationsverstärkers OPV , d. h. zwischen dessen Ausgang und seinem invertierenden Eingang, liegt ein Integrationskondensator C_i , zu dem ein elektronischer Schalter S parallel geschaltet ist. Der elektronische Schalter S wird in einer bestimmten, festgelegten Phasenabhängigkeit zur Phase des ersten Rechtecksignals mittels eines Rücksetzsignals (vgl. Fig. 3) betätigt, wodurch die Integration beendet wird und ein Spannungswert am Ausgang ΔVA rückgesetzt wird. Der Ausgangswert des Operationsverstärkers OPV ΔVA vor dem Rücksetzen wird in eine Abtast- und Halteschaltung 1 übernommen. Aus diesem Ausgangswert kann die beeinflussende Größe abgeleitet werden, die im Beispieldfall die H₂-Konzentration ist. Zweckmäßigerweise erfolgt die Zuordnung der H₂-Konzentration zur Ausgangsspannung ΔVA über eine Tabelle, die durch einen D/A-Wandler und ein ROM 2 implementiert sein kann, in dem die in Fig. 4 dargestellte Abhängigkeit der genannten Größen abgespeichert ist. Die in Fig. 4 wiedergegebene Kurve ist das Ergebnis einer Messung mit einem Palladiumsensor, dessen katalytische Metallschicht eine 21,1 nm dicke Palladiumschicht ist, die auf einer 34 nm dicken Siliziumdioxidschicht angeordnet ist. Als Referenzkondensator wurde eine kapazitive MOS-Struktur mit einem 104,5 nm dicken Gold-Gate auf einer 34 nm dicken Siliziumdioxid-Isolatorschicht gewählt. Die Kapazität des Integrationskondensators C_i beträgt 1 nF.

Wie eingangs dargelegt wurde, erfolgt bei der erfindungsgemäßen Schaltung die Erfassung der beeinflussten Größe durch Integration der Kapazitäts-Spannungs-Kurve des kapazitiven Elementes zur Bestimmung der Fläche unter dieser Kurve, was durch folgende Gleichung ausdrückbar ist:

$$Q = \int C_s(U) dU. \quad (1)$$

Der Strom durch das kapazitive Sensorelement C_s ist gegeben durch:

$$i_s = dQ/dt = d/dt \int C_s(U) dU. \quad (2)$$

5 Durch zeitliche Integration am Rückkopplungskondensator C_r ergibt sich folgende Ausgangsspannung:

$$VA = 1/C_r \int i_s dt = 1/C_r \int (C_s(U) - C_r) dU. \quad (3)$$

10 Der Kapazitätswert C_r muß so gewählt werden, daß der Operationsverstärker OPV bei maximaler Meßgröße nicht übersteuert wird.

Fig. 5 zeigt die beiden spannungsabhängigen Kapazitätskurven des Referenzelementes C_r und des Sensorelementes C_s . Wie in dieser Figur zu sehen ist, führt die nichtoptimale Anpassung der beiden Kurven zu einer Offsetspannung von etwa 2 V. Für die Kurve gemäß Fig. 4 wurde diese Offsetspannung berücksichtigt.

15 Wie sich bei Betrachtung der Schaltung gemäß Fig. 2 ergibt, ermöglicht das erfundungsgemäße Verfahren zum Messen der die Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik beeinflussenden Größe eine Kompensation von Störgrößen, die sowohl das eigentliche Sensorelement bzw. kapazitive Element C_s , wie auch den Referenzkondensator C_r in gleicher Weise in ihrer Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik beeinflussen. Wenn nun beispielsweise das kapazitive (Sensor)-Element C_s sowohl eine Abhängigkeit der Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik von einer Größe A wie auch von einer Störgröße B hat, so kann diese unerwünschte Empfindlichkeit gegenüber der Störgröße B dadurch kompensiert werden, daß als Referenzkondensator ein kapazitives MOS-Element eingesetzt wird, das nur gegenüber der Störgröße B empfindlich ist. Bei geeigneter Dimensionierung der beiden kapazitiven Elemente ist eine vollständige Kompensation gegenüber der Störgröße B möglich. Durch eine Vielzahl von Referenzelementen kann eine entsprechende Zahl von unerwünschten Querempfindlichkeiten kompensiert werden.

25 Vorzugsweise liegt die Frequenz der Rechtecksignale im kHz-Bereich. Somit ist die Periodendauer der Rechteckspannungssignale länger als die Minoritätsträgerreaktionszeit, so daß es zu einem Gleichgewichtszustand der Minoritätsträgeranhäufung kommt, während die Periodendauer der Rechteckspannungssignale kürzer als die Minoritätsträgergeneration-Rekombinations-Zeit ist, so daß die MOS-Struktur nicht in den Gleichgewichts-Inversionsbereich gerät. Dies führt zu einer Verstärkung des Signales, da die spannungsabhängige

30 Kapazitätskurve nach unten in den Bereich tiefer Ladungsträgerverarmung verläuft.

Bei der Festlegung der Periodendauer muß das Verhalten des MOS-Kondensators im Bereich tiefer Ladungsträgerverarmung beachtet werden. Nach Anlegen einer Sprungspannung verbleibt der MOS-Kondensator nur eine bestimmte Zeit T im Bereich tiefer Ladungsträgerverarmung und geht dann in die HF-Inversionskurve über.

35 $T = 2\tau N_B/n_i$

wobei τ die Minoritätsträgerlebensdauer, N_B die Dotierung und n_i die intrinsische Konzentration für den betreffenden MOS-Kondensator bezeichnen.

40 Die Taktrate kann nun entweder so hoch gewählt werden, daß noch keine die Genauigkeit beeinflussende Bewegung in Richtung zur HF-Inversionskurve stattfindet, oder so gewählt werden, daß die HF-Inversionskurve sicher erreicht wird. Zur Verdeutlichung wird auf Fig. 6 verwiesen, in der (a) die zeitabhängige Gatespannung am MOS-Kondensator, (b) die spannungsabhängige Kapazität desselben zu den Zeitpunkten 1, 2, 3 gemäß Fig. 6(a) und (c) den zeitabhängigen Kapazitätsverlauf zeigen.

45 Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel wird eine kapazitive MOS-Struktur mit Palladium-Gate als Feuchtigkeitssensor eingesetzt. Jedoch kann das erfundungsgemäße Verfahren ebenso für Gassensoren mit MOS-Struktur zur Auswertung der Gaskonzentration wie auch zum Messen sonstiger, die Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik eines kapazitiven Elementes beeinflussenden Größen eingesetzt werden.

50 Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen der Konzentration eines Gases in einem Gasgemisch mittels eines kapazitiven Halbleiter-Elementes mit einer von der Konzentration abhängigen Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- 55 — Beaufschlagen des kapazitiven Halbleiter-Elementes (C_s) mit einem periodischen Spannungssignal von vorbestimmter Amplitude,
- Erfassen der Fläche unter dem Kurvenverlauf der Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik in einem vorbestimmten Bereich und
- Bestimmen der zu messenden Konzentration aus der erfaßten Fläche mittels eines für das Halbleiter-Element (C_s) vorab bestimmten Zusammenhangs zwischen der zu messenden Konzentration und der Fläche.

60 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Fläche durch Integration des Ausgangstromes des kapazitiven Halbleiter-Elementes (C_s) zumindest über einen Teil der Periode des Spannungssignals ermittelt wird.

65 3. Schaltungsanordnung zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch

- eine an den einen Pol des kapazitiven Halbleiter-Elementes (C_s) angeschlossene erste Spannungsquelle (V_s) zum Erzeugen eines ersten periodischen Spannungssignals von vorbestimmter Amplitude, und

- eine an den anderen Pol des kapazitiven Halbleiter-Elementes (C_s) angeschlossene Integrations-schaltung (OPV, C_f) die den Ausgangstrom des kapazitiven Halbleiter-Elementes (C_s) zumindest über einen Teil der Periode des ersten Spannungssignals integriert, wobei die zu messende Konzentration mittels eines für das Halbleiter-Element (C_s) vorab bestimmten Zusammenhangs zwischen dem Integrationswert der Integrationsschaltung (OPV, C_f) und der Konzentration ermittelt wird.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das kapazitive Halbleiter-Element (C_s) eine MOS-Struktur ist, deren Metallschicht aus einem katalytischen Metall besteht oder dieses zumindest anteilig aufweist.
5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das kapazitive Halbleiter-Element (C_s) ein kapazitiver MOS-Gassensor oder ein kapazitiver MOS-Feuchtigkeitssensor ist.
6. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Spannungsquelle (V_s) ein periodisches Rechtecksignal erzeugt.
7. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Periodendauer des ersten periodischen Signals derart festgelegt ist, daß sie länger als die Minoritätsträgerreaktionszeit in dem kapazitiven Halbleiter-Element (C_s) ist, so daß es zu einem Gleichgewichtszustand der Minoritätsträgeranhäufung kommt, und daß sie kürzer als die Minoritätsträger-Generations-Rekombinations-Zeit ist.
8. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Integrationsschaltung (OPV, C_f) einen Operationsverstärker (OPV) aufweist, in dessen Rückkopplungszweig eine Parallelschaltung aus einem Integrationskondensator (C_f) und einem elektronischen Schalter (S) liegt,
- daß der elektronische Schalter (S) in einer festen Phasenbeziehung zur Phase des periodischen Signals von der ersten Spannungsquelle (VS) angesteuert wird, und
- daß der der ersten Spannungsquelle (VS) abgewandte Anschluß des kapazitiven Halbleiter-Elementes (C_s) mit einem Eingang (—) des Operationsverstärkers (OPV) verbunden ist.
9. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 8, gekennzeichnet durch eine zweite Spannungsquelle (VR) zum Erzeugen eines gegenüber dem ersten Spannungssignal invertierten zweiten Spannungssignals,
- einen Referenz-Kondensator (C_r), dessen Kapazität so gewählt ist, daß eine Offsetspannung am Ausgang der Integrationsschaltung (OPV, C_f) bei von der zu messenden Konzentration unbeeinflußter Kapazitäts-Spannungs-Charakteristik des kapazitiven Halbleiter-Elementes (C_s) kompensiert wird, und der einerseits an die zweite Spannungsquelle (VR) und andererseits an die Integrationsschaltung (OPV, C_f) angeschlossen ist.
10. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 9, gekennzeichnet durch ein kapazitives Referenzelement (C_r), dessen Spannungs-Kapazitäts-Charakteristik von einer Störgröße im wesentlichen in demselben Maß beeinflußt wird, wie diejenige des kapazitiven Elementes (C_s), ohne daß die Spannungs-Kapazitäts-Charakteristik des kapazitiven Referenzelementes (C_r) von der zu messenden Konzentration abhängt, und
- die zweite Spannungsquelle (VR) zum Erzeugen eines gegenüber dem ersten Spannungssignal invertierten zweiten Spannungssignals, die an einen Anschluß des Referenzelementes (C_r) angeschlossen ist, dessen anderer Anschluß mit der Integrationsschaltung (OPV, C_f) verbunden ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

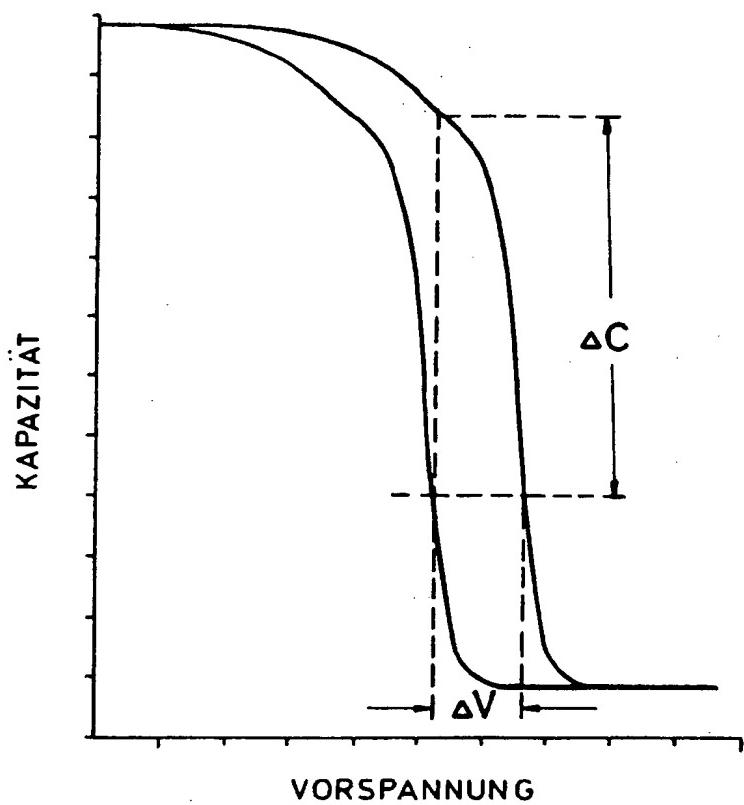


FIG.1

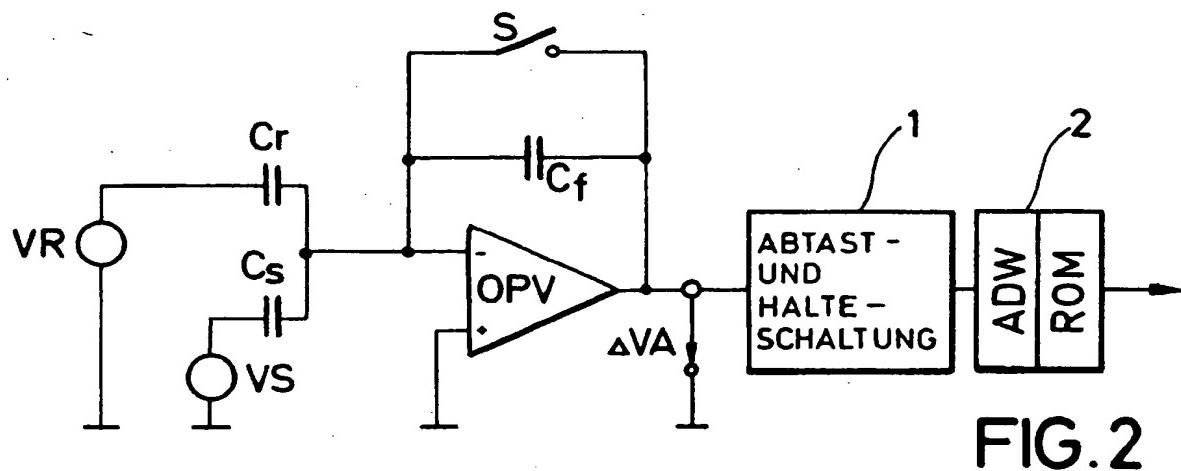


FIG.2

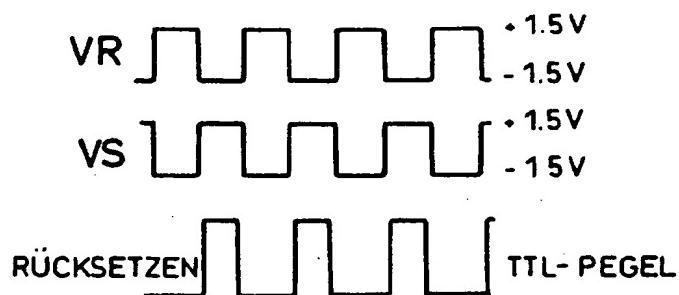


FIG.3

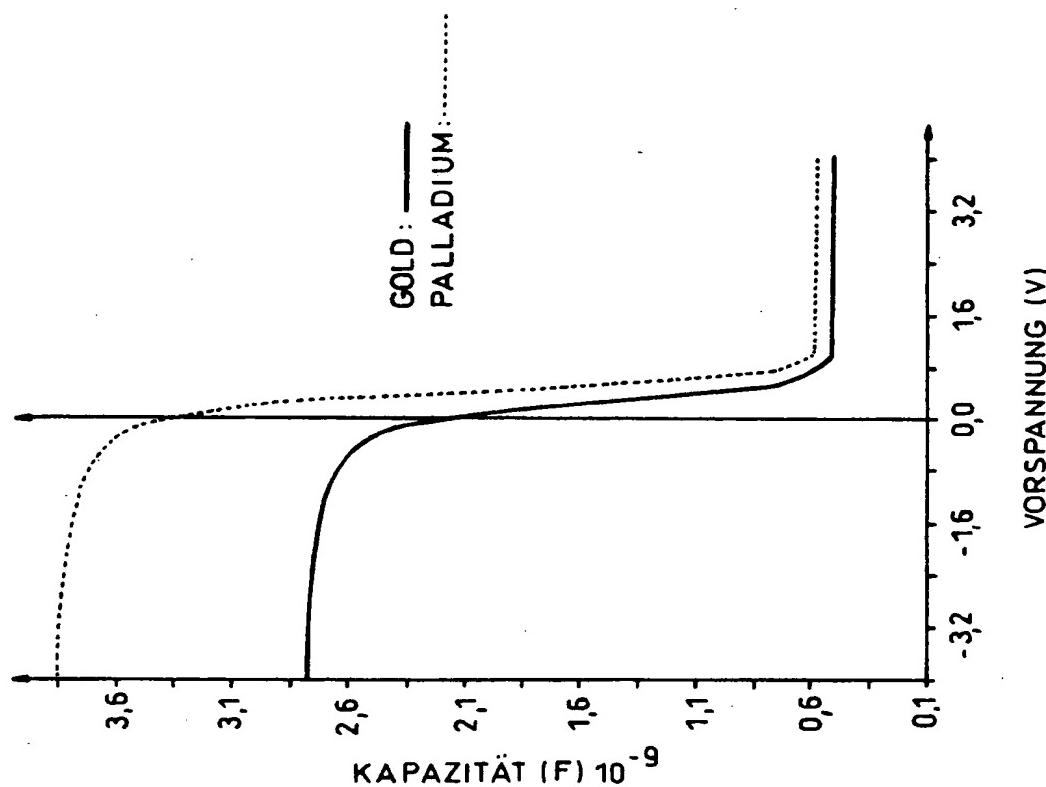


FIG. 5

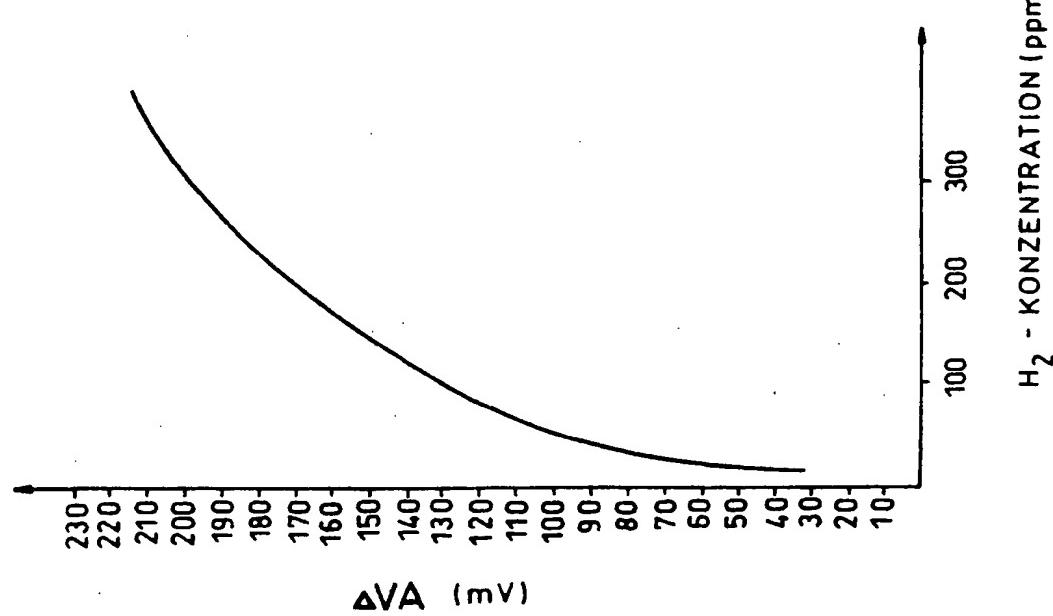


FIG. 4

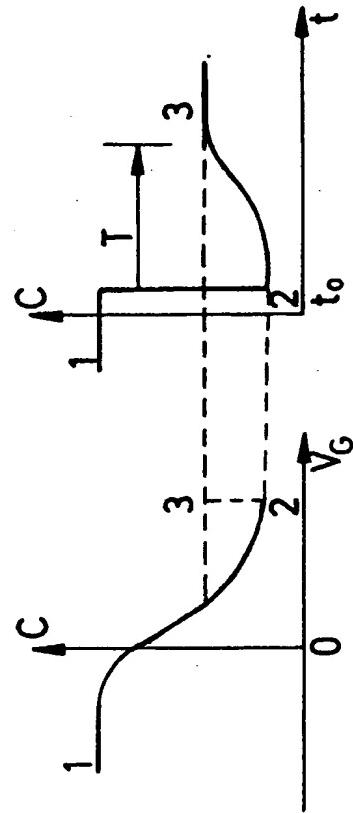


FIG. 6(c)

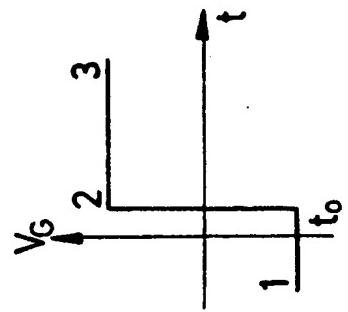


FIG. 6(b)

FIG. 6(a)